(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

UO‘K: 541.1:544.723.2:577.114:661.682 10.70769/3030-3214.SRT.3.2.2025.31

SUYULTIRILGAN ERITMALARDA NATRIY KARBOKSIMETILTSELLYULOZANING POVIDON-YOD BILAN O‘ZARO TA’SIRINING TERMODINAMIKASI







Zokirova Nodira Tursunovna
Kimyo fanlari nomzodi, dotsent, Tashkent farmatsevtika instituti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: zokirovanodira30@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-8405-3147

Muhamedova Busora Ibragimovna
Farmatsiya fanlari nomzodi, dotsent, Tashkent farmatsevtika instituti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: muhamedovabusora@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-5337-2279

Todjiyev Jamoliddin Nasiriddinovich
Kimyo fanlari bo’yicha falsafa doktori, dotsent, Mirzo Ulug’bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: todjiyev88@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-5932-3849

Annotatsiya. *Ushbu maqolada natriy karboksimetilsellyuloza (Na-KMTS) va povidon-yodning suyultirilgan eritmalarda o‘zaro ta’sirining termodinamik xossalari o‘rganilgan. Optik zichlik, elektr o‘tkazuvchanlik, pH qiymati, potensiometrik titrlash va IQ-spektroskopik metodlar yordamida interpolimer komplekslarning hosil bo‘lish jarayonlari tahlil qilingan. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki, Na-KMTS va povidon-yod o‘rtasida 1,5:1,0 nisbatda eng kuchli o‘zaro ta’sirlar yuzaga keladi. Kompleks hosil bo‘lishi Gibbs energiyasi, ionlanish va konformatsion o‘zgarishlar orqali tasdiqlandi. Shuningdek, sirt tarangligi, adsorbsion izotermalar va Mitsella hosil bo‘lish nuqtasi orqali polimer kompleksning sirt faolligi baholandi. IQ-spektrlarda kuzatilgan funksional guruhlar o‘zgarishi orqali kimyoviy bog‘lanishlar shakllangani isbotlandi. Tadqiqot natijalari dori vositalari va farmatsevtik materiallar ishlab chiqarishda amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *polivinilpirolidonning yodli kompleksi, natriy karboksimetilsellyuloza (NaKMTS), sirt-aktiv modda (SAM), sirt taranglik, PVJ-N-metilen.*

КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗА ПОВИДОН-ЙОД В РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРАХ ТЕРМОДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С НАТРИЯ

Закирова Нодира Турсуновна
Кандидат химических наук, доцент, Ташкентский фармацевтический институт, Ташкент, Узбекистан

Мухамедова Бусора Ибрагимовна
Кандидат фармацевтических наук, доцент, Ташкентский фармацевтический институт, Ташкент, Узбекистан

Тоджиев Джамолиддин Насириддинович
Доктор философии по химии, доцент, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. *В данной статье исследованы термодинамические свойства взаимодействия натриевой карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) с повидон-йодом в разбавленных растворах. Методами УФ-спектрофотометрии, электропроводности, измерения pH и потенциометрического титрования изучено образование интерполимерных комплексов. Установлено, что наиболее сильное взаимодействие происходит при соотношении 1,5:1,0 Na-*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

КМЦ/повидон-йод. Вычислены изменения энергии Гиббса, ионизации и конформации, подтверждающие образование комплексов. Поверхностная активность систем оценена через поверхностное натяжение и изотермы адсорбции. С помощью ИК-спектроскопии выявлены изменения в функциональных группах, указывающие на образование химических связей. Результаты имеют практическое значение для фармацевтических технологий и создания новых лекарственных форм.

Ключевые слова: *йодный комплекс поливинилпирролидона, натрийкарбоксиметилцеллюлоза (NaКМЦ), ПАВ (ПАВ), поверхностное натяжение, ПВJ-N-метилен.*

SODIUM CARBOXYMETHYL CELLULOSE POVIDONE-IODE IN DILUTED SOLUTIONS THERMODYNAMICS OF VOLATILE WITH

Zokirova Nodira Tursunovna
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Tashkent Pharmaceutical Institute, Tashkent, Uzbekistan

Muhamedova Busora Ibragimovna
Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Tashkent Pharmaceutical Institute, Tashkent, Uzbekistan

Todjiyev Jamoliddin Nasiriddinovich
Doctor of Philosophy in Chemistry, Associate Professor, Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. *This article investigates the thermodynamic properties of the interaction between sodium carboxymethyl cellulose (Na-CMC) and povidone-iodine in diluted aqueous solutions. The formation of interpolyelectrolyte complexes was analyzed using UV-VIS spectrophotometry, conductivity, pH measurements, and potentiometric titration methods. The strongest interaction was observed at a Na-CMC/povidone-iodine ratio of 1.5:1. Thermodynamic parameters such as Gibbs free energy, ionization, and conformational transitions were calculated. Surface activity was assessed via surface tension and adsorption isotherms. FTIR spectroscopy confirmed the formation of new chemical bonds through changes in functional group vibrations. The findings have practical implications in pharmaceutical sciences, particularly for designing drug delivery systems and polymeric formulations.*

Keywords: *iodine complex of polyvinylpyrrolidone, sodium carboxymethylcellulose (Na-CMC), surface-active substance (SAM), surface tension, PVJ-N-methylene.*

Kirish. Povidon-yod kasalliklarni teri va shilliq pardalardagi zamburug‘lar, viruslarni davolash uchun antiseptik profilaktika qilish maqsadida ham qo‘llaniladi. Har xil kuyish, jarohatlar va yaralarda qo‘llanilganda yod qonga o‘tadi va qon zardobidagi albumin bilan bog‘lanadi, shundan so‘ng u buyraklar orqali chiqariladi. Povidon-yod yodni spirtli eritmasiga nisbatan uzoqroq ta’sirga ega bo‘lganligi sababli, yangi maxsulotda yod atomlari polivinilpirolidonga sorbsiyalanib, povidon yod kompleksini hosil qiladi. Povidon-yod kimyoviy tarkibiga ko‘ra, u yodning polivinilpirrolidonni bilan murakkab birikmasi hisoblanadi. Polivinilpirrolidon farmatsevtika sohasida eng ko‘p ishlatiladigan yordamchi moddalardan biri hisoblanadi.

Natriy karboksimetilsellyuloza (NaKMTS) suvda yaxshi eruvchanligi, interpolimer kompleks (IPK) reaksiyalariga kirishish qobiliyati, polielektrolit xususiyati, fazoviy tarmoqlarning hosil bo‘lishi, ion va ion-koordinatsion aloqalar orqali kompleks hosil qilish qobiliyati tufayli alohida o‘rin tutadi.

Ikkita polielektrolitlarning o‘zaro ta’sirlashishi natijasida hosil bo‘ladigan interpolimer kompleks o‘zining bir qator muhim va bebaho xossalari tufayli tibbiyot, farmatsevtika, texnika, materiallar texnologiyasi, va xalq xo‘jaligining boshqa soxalarida muhim o‘rin tutadi.

Materiallar va usular. Ohirgi yillarda natriykarboksimetilsellyuloza asosida olingan interpolemer komplekslar farmatsevtika yo‘nalishida tasiri uzaytirilgan dori vositalari olishda, kapsula, tabletkalar uchun plenka hosil qiluvchi vositalar sifatida, yumshoq dori vositalari uchun asos sifatida, quyuqlashtiruvchi, stabillovchi modda sifatida va boshqa sohalarda keng qo‘llanilmoqda.

Tahlil va natijalar. Har xil nisbatda Na-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

KMTS va povidon-yod aralashmalari komponentlarining suvli eritmalari optik zichligi (D) (UV-VIS spektrofotometri Metash asbobida) o‘lchandi. Eritmaning optik zichligini PVJ/NaKMTS nisbatiga bog‘liqlik grafigida, funksional guruhlari o‘rtasi-dagi eng katta o‘zaro ta’siri 1,5:1,0 nisbatida egri chiziq yuqori nuqtada sodir bo‘ldi [1].

Optik zichlikni yuqori bo‘lishi, aynan kritik konsentratsiyada NaKMTS va povidon-yodning konsentratsiyalariga bog‘liqligini ko‘rsatdi.

Ma’lumki, interpolimer kompleksi hosil bo‘lishi jarayonida reaksiyaga kirishuvchi mak-romolekulalar konformatsiyasi o‘zgaradi va aralashmaning tarkibiga qarab optik zichlik egri chiziqlari maksimumdan, yopishqoqlik, elektr o‘tkazuvchanlik va potensiometrik titrlash egri chiziqlari minimumdan o‘tadi [2-3].

Elektr o‘tkazuvchanlikning (χ) (Mettler Tole-do asbobida) o‘lchandi va eritmaning muhiti pH qiymatining PVJ/NaKMTS nisbatida keskin pasa-yishi kuzatildi, bu 1,5:1,0 nisbatda kuchli molekulalararo o‘zaro ta’sirlardan dalolat berdi (2-3 rasmlar).

Interpolimer kompleksni pH ning barqaror-ligiga ta’sirini o‘rganildi. Buning uchun 0,01 N HCl va 0,01 N KOH eritmasi bilan (Tionometr universal EF-74 pH metr asbobi) potensiometrik titrlandi [4]. Boshlang‘ich komponentlar va polikompleksning potensiometrik titrlash egri chiziqlari asosida rK qiymatlari ionlanish darajasiga qarab hisoblab chiqildi.

Zimma va Raysa usulidan foydalanib, ionlanish energiyasining qiymatlari ΔG^0_{ion}, Gibbs energiyasining elektrostatik komponenti ΔG^0_{el}, konformatsion o‘tish energiyasi $\Delta G^0_{konf.}$ va kompleks hosil bo‘lish davridagi umumiy Gibbs energiyasi ΔG^0_{umum}. hisoblab chiqildi.

1-2-jadvallardan ko‘rinib turibdiki, ionlanish energiyalari ΔG^0_{ion}, Gibbs energiyasining elektrostatik komponenti ΔG^0_{el}, va IPK uchun konformatsion o‘tish ΔG^0_{konf} katta manfiy qiymatlarni oladi, bu ham makromolekular o‘zaro ta’sirlarning va polikompleks borligini ko‘rsatadi.

Har xil nisbatda PVJ/NaKMTS aralashmalari komponentlarining suvli eritmalarini sirt tarangligining stologmometr asbobi yordamida ularni adsobsiyalanish qobilyati va sirt faolligi aniqlandi. 1-3 rasmlardan shuni ko‘rish mumkinki, PVJ/NaKMTS eritmasining konsentratsiyasi ortib borgan sari sirt tarangligini kamayib borishi kuzatildi [5]. Bu esa PVJ suvning sirt tarangligini yanada kamaytirishiga olib keldi. Bunga sabab, NaKMTS qo‘shilganda uning sirt faolligini yanada oshirganligini ko‘rish mumkin.

1-jadval

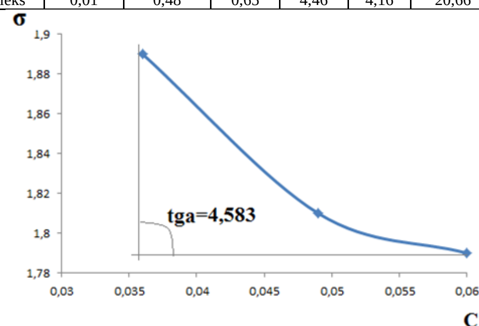
Na-KMTS, povidon-yod va polikompleks eritmalari uchun konformatsion o‘tish, ionlanish, elektrostatik o‘zaro ta’sir va maydon Gibbs energiyasining dissotsiatsiya konstantalari va Gibbs energiyasining qiymatlari (0,01 n HCl bilan titrlash asosida)

Na’muna	ΔrK_{konf}	$-\Delta G^0_{konf.}$ kj/mol	ΔpK_{el} kj/mol	$-\Delta G^0_{эл}$ kj/mol	pK_0	$\Delta G^0_{умум}$ kj/mol	$-\Delta G^0_{умум}$ kj/mol
Na-KMTS	0,04	0,20	0,12	1,11	4,10	35,36	32,05
Povidon-yod	0,02	0,11	0,13	0,59	2,15	29,94	25,05
Polikompleks	0,01	0,12	0,12	0,52	2,16	24,86	22,46

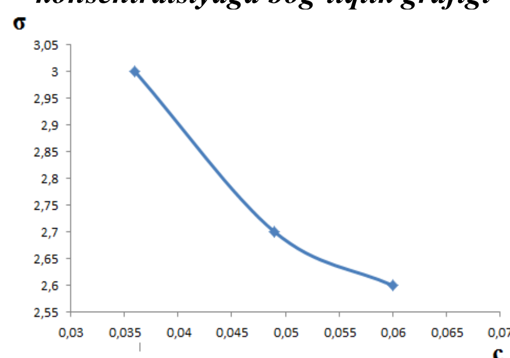
2-jadval

Na-KMTS, povidon-yod va polikompleks eritmalari uchun konformatsion o‘tish, ionlanish, elektrostatik o‘zaro ta’sir va maydon Gibbs energiyasining dissotsiatsiya konstantalari va Gibbs energiyasining qiymatlari (0,01 n KON bilan titrlash asosida)

Na’muna	ΔrK_{konf}	$-\Delta G^0_{konf.}$ kj/mol	ΔpK_{el} kj/mol	$-\Delta G^0_{эл}$ kj/mol	pK_0	$\Delta G^0_{умум}$ kj/mol	$-\Delta G^0_{umum}$ kj/mol
Na-KMTS	0,03	0,15	0,45	1,75	5,15	40,26	38,45
Povidon-yod	0,02	0,35	0,12	0,58	2,15	32,64	30,05
Polikompleks	0,01	0,48	0,65	4,46	4,16	20,66	22,46



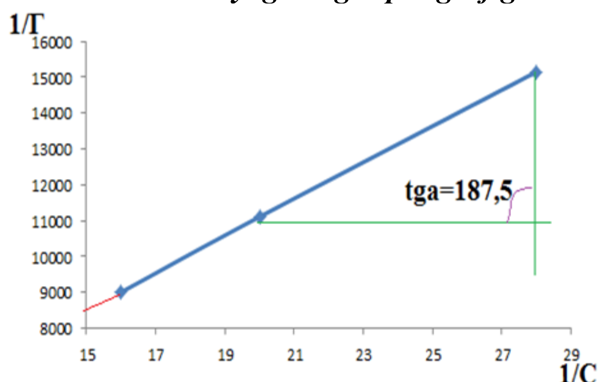
1-rasm. PVJ/NaKMTS ning sirt tarangligini konsentratsiyaga bog‘liqlik grafigi



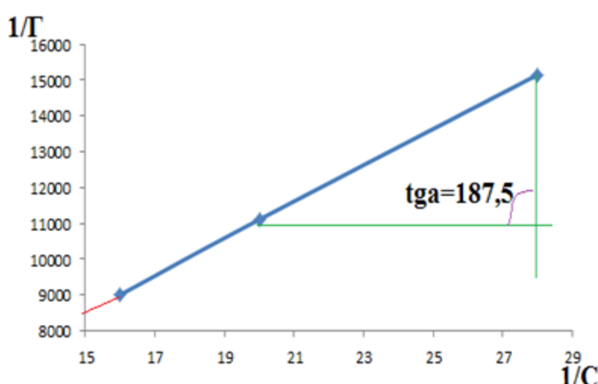
2-rasm. PVJ suvli eritmasining sirt tarangligini

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

konsentratsiyaga bog'liqlik grafigi.



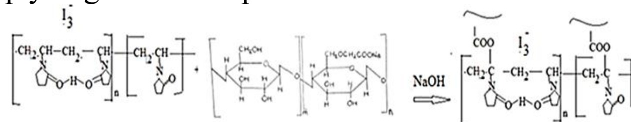
3-rasm. Lengmyur tenglamasidagi izotermalarni aniqlash grafigi.



4-rasm. Mitsella hosil qilish konsentratsiyasi (MHQKK) ni aniqlash grafigi.

egallagan sathi topildi [7].

PVJ/NaKMTS polimer kompleksini kimyoviy o'zgarishlar bo'yicha sodir bo'lganlini quyidagi sxema orqali ko'rish mumkin:



5-rasm. Povidon-yod va natriy karboksimetilsellyulozaning alkal muhitda kompleks hosil qilishi reaksiyasi sxemasi.

Bu olingan polimer kompleksini tuzilishini IQ-spektroskopiya orqali isbotlandi. Tarkibida turli tabiatdagi funksional guruhlarni o'z ichiga olgan polimer birikmalarning tuzilishini aniqlash va polimer kompleksi birikmalarida bog'lanish markazlarini aniqlash maqsadida boshlang'ich modda va yakuniy reaksiya mahsulotining IQ spektri qayd etildi [8].

Na-KMTS spektrida 1636 sm^{-1} o'rta chastotali mintaqada IQ spektrida karboksil ionining C=O bog'lanishining antisimmetrik cho'zilish tebranishlari bilan bog'liq intensiv yutilish mintaqasi mavjud. Unda S-O-S cho'zilish tebranishlari CH_2-O-S guruhining xarakterli tebranishlarini ko'rsatadigan o'rtacha intensivlik chizig'i 1427 sm^{-1} bilan 1064-1137 sm^{-1} oralig'ida

3-jadval

Polimer kompleksni adsorbsiya izotermalari

PVJ/NaKMTS %	C_m	n_0 (H_2O)	n	σ	dσ/dc	G	1/G	1/C	G_∞	K	MHQKK
0,5	0,06	78	49	1,78	4,58	$1{,}1\cdot10^{-4}$	9009	16,6	$1{,}2\cdot10^{-4}$	0,02	0,05
0,4	0,05		47	1,81		$0{,}9\cdot10^{-4}$	11111	20,4			
0,3	0,04		44	1,89		$0{,}6\cdot10^{-4}$	15152	27,7			

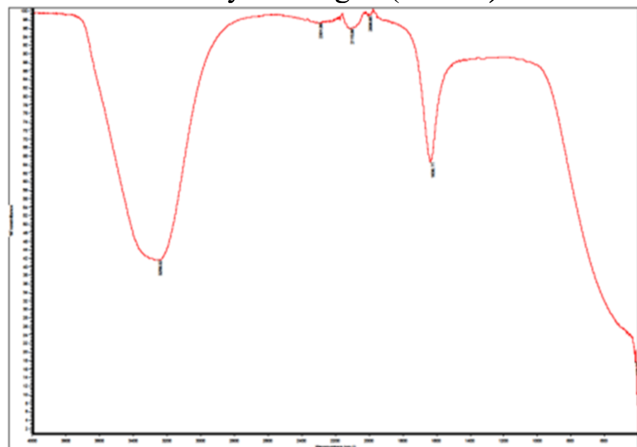
Yuqoridagi diagrammalarda PVJ/NaKMTS ni turli eritmalarida konsentratsiya bilan sirt taranglik va adsorbsiya orasidagi bog'lanishni ko'rsatdi. Undan ko'rinib turibdiki, NaKMTS tarkibida –CH_2– guruhning ortishi bilan sirt taranglikni kamaytirish qobiliyati ortib bordi,.shu bilan bir qatorda adsorbsiyasi ham ortib bordi [6].

Yuqoridagi tasavvurlarga asoslanib to'yingan adsorbsion qavatdagi sirt aktiv moddalar (SAM) molekulasining o'lchami aniqlandi. To'yingan adsorbsiya G bir yuza birligiga (m2) to'g'ri keladigan SAM miqdoriga teng bo'ladi, shuning uchun to'yingan adsorbsiyaning Avagadro soniga ko'paytmasi $G\infty$ N bir yuza birligidagi molekulalar sonini beradi. Bundan foydalanib, bitta molekula sodir bo'ldi. Uzoq to'lqin uzunligi 3256 sm^{-1} diapazonidagi spektrda gidroksil guruhining cho'zilgan tebranishlari bilan kuchli chiziq kuzatildi. Siklning metilen guruhining (C-H) kengaytirilgan tebranishlari 2006, 2115, 2301 sm^{-1} da markazlashtirilgan bantlar guruhi sifatida kuzatildi (6-rasm).

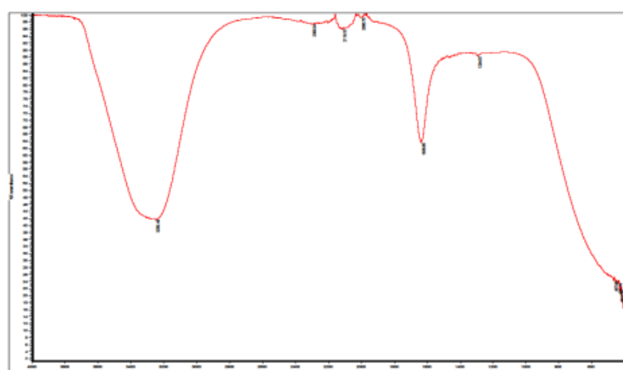
PVJ spektrida 1636 sm^{-1} o'rta chastotali mintaqada karboksil ionining C=O bog'lanishiga tegishli antisimmetrik cho'zilish tebranishlari bilan bog'liq intensiv yutilish sohalari aniqlangan. Ushbu guruhga tegishli simmetrik cho'zilish tebranishlari esa 1294 sm^{-1} da o'rtacha intensivlikdagi keng tarmoqli shaklida namoyon bo'ladi [9]. 3250 sm^{-1}

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

diapazonida esa gidroksil guruhining cho‘zilgan tebranishlariga mos keluvchi kuchli yutilish chizig‘i qayd etilgan. Shuningdek, metilen guruhining (S–N) cho‘zilish tebranishlari 2006, 2116 va 2300 sm⁻¹ chastotalarda markazlashgan bantlar guruhi ko‘rinishida namoyon bo‘lgan (7-rasm).



6-rasm. Na-KMTS IQ spektri.

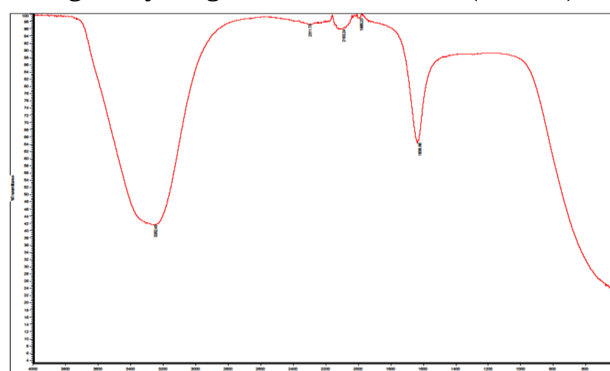


7-rasm. PVJ IQ spektri.

PVJ/Na-KMTS kompleksining IQ spektri boshlang‘ich birikmalarning IQ spektridan sezilarli farq qiladi. Kompleksga tegishli spektral chiziqlar 1636 sm⁻¹ chastotagacha sezilarli o‘sishni ko‘rsatadi. Bunda COO⁻, NH_2 va C–H guruhlariga tegishli yutilish sohalarida muhim siljishlar kuzatildi. Xususan, COO⁻ guruhining yutilish chizig‘i to‘lqin uzunligi bo‘yicha taxminan 23 sm⁻¹ ga siljib, 1711 sm⁻¹ atrofida C=O bog‘lanishiga mos ravishda aniqlangan. NH_2 guruhining simmetrik cho‘zilish tebranishlari esa $\nu_s(NH_2)$ uchun 3250 sm⁻¹ da namoyon bo‘ldi [10]. Ushbu guruhning deformatsiya tebranishlari esa 1636 sm⁻¹ chastotada erkin povidon-yodning IQ spektriga nisbatan qisqa to‘lqinli mintaqaga siljib kuzatilgan.

Na-KMTS tarkibidagi COO⁻ guruhi hamda PVJ molekulasidagi SN_2 guruhlarining o‘zaro ta’siri natijasida kimyoviy bog‘lanishlar yuzaga kelganligi aniqlanadi. Bu esa povidon-yoddagi C–N bog‘ining cho‘zilish tebranish zonalarida ro‘y bergan siljishlar orqali tasdiqlanadi.

Kompleksning IQ spektrida boshqa funksional guruhlar sohalarining ham posit-siyalarida sezilarli o‘zgarishlar kuzatildi. Na-KMTS uchun 2006, 2115 va 2301 sm⁻¹; povidon-yod uchun esa 2000, 2116 va 2300 sm⁻¹ chastotali sohalarda yutilish chiziqlari molekulalararo vodorod bog‘-larining mavjudligidan dalolat beradi (8-rasm).



8-rasm. PVJ/Na-KMTS kompleksining IQ spektri.

Xulosa. Ikkita polielektrolit Na-KMTS karboksilat anionlari va povidon-yoddagi metilen guruhining harakatchan vodorod atomi bilan o‘zaro ta’siri tufayli kimyoviy o‘zgarishlarga olib keladi, hamda suvli eritmalarda PVJ-N-metilen KMTS polikomplekslar hosil bo‘lishi aniqlandi.

4-jadval

Birikmalarning IQ spektrlarida yutilish zonalari (sm⁻¹)

№	Бирикмалар	ν_s(C=O)	ν_{as}(C=O)	$\nu_s(NH_2)$	$\nu_{as}(NH_2)$	$\delta(NH_2)$	ν(CH) δ(CH)	ν(OH) (COOH)	ν(C-O-C)	$\nu(CH_2CO)$
1	Na-KMTS	-	1636	-	-	-	2006, 2115 2301	3256	1064 1137	1427
2	PVJ	1294	1636	3250			2000 2116 2300		-	
3	PVJ/Na-KMTS	1636		3250		1636		1711	-	

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Зокирова Н.Т, Хазраткулова С.М, Қосимова М.Б. Физико-химические исследования интерполимерных комплексов. “Фармацевтика соҳасининг бугунги ҳолати: муаммолар ва истиқболлар” (халқаро илмий-амалий анжумани материаллари). Тошкент-2021 йил 18-19 ноябрь. -Б.204-205.
2. Инагамов С.Я, Асроров У, Қодирова Н, Муҳамедов Г.И. Интерполимер комплексларини тиббиёт ва фармацевтикада қўлланилиши. “Фармацевтика соҳасининг бугунги ҳолати: муаммолар ва истиқболлар” халқаро илмий амалий анжумани материаллари. Тошкент-2022 йил 25-26 ноябрь. 69-71 бетлар.
3. Зокирова Н.Т, Хазраткулова С. М, Чўлпонов К. А, Хамракулова Д. Натрийкарбоксиметилцеллюлоза асосида янги полимер комплексининг синтези. “Функционал полимерларнинг фундаментал ва амалий жиҳатлари”. халқаро илмий-амалий конференция Тошкент-2023 йил, 17-18 март, Б. 983-987.
4. Zokirova N, Khazratkulova S, Mukhamedova B Basant L, Khamidov O, Berdimurodov E, Alieva G, Hosseini-Bandegharaei, Aliev N. Polymerizatsion of Acrylamide N-methylene Lactic and Glycolic Acid. Baghdad Science Journal https://bsj.uobaghdad.edu.iq/index.php/BSJ/article/view/9076 DOI: https://doi.org/10.21123/bsj.2023.9076 2434-2454, Dec 5, 2023.
5. Инагамов Я.С, Эшматов А, Ҳоджаев Ф.М, Кодирова Н, Муҳамедов Г.И. Поликомплексные гели натрийкарбоксиметилцеллюлозы с карбополом-основа для мазей, кремов и паст. Абу Али Ибн Сино ва замонавий фармацевтикада инновациялар мавзусидаги ва халқаро илмий-амалий анжуман тўплами. Тошкент-2023 йил, 18-19 май, 38 бет.
6. Инагамов Я.С, Асроров У.А, Журакулов С.З, Пулатова Ф.А. Интерполимерный комплексы на основе производные целлюлозы полиакриламида-новые носители наночастиц лекарственных препаратов. Абу Али Ибн Сино ва замонавий фармацевтикада инновациялар мавзусидаги ва халқаро илмий-амалий анжуман тўплами. Тошкент-2023 йил, 18-19 май, 39 бет.
7. Zulfiya Sh. Mukhidova, Salakhutdin H. Zakirov, Sevara M. Khazratkulova Nodira T. Zakirova. Prospects for the use of natural terpenoids in agriculture. BIO We bof Conferences 82, 03001 (2024). https://doi.org/10.1051/bioconf/20248203001 03 January 2024.
8. Hazratqulova S.M, Zokirova N.T. Tabiiy gidroksid kislotalarning N-almashtirilgan akrilamidlari asosidagi polimerlarning fizik-kimyoviy xossalari. O’zMU xabarlari, 2024, 3/2/1 – Tashkent, 511-514-betlar.
9. Беллами Л. Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул Пер.с англ. 1971. 320 с.
10. Семушин А.М, Яковлев В.А, Иванова Е.В. Инфракрасные спектры поглощения ионообменных материалов. Москва. 1980. 96 с.